

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-257896

(43)公開日 平成10年(1998) 9月29日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	F I
C 1 2 N 15/09	Z N A	C 1 2 N 15/00 Z N A A
C 0 7 H 21/04		C 0 7 H 21/04 B
C 1 2 N 9/10		C 1 2 N 9/10
// (C 1 2 N 15/09	Z N A	
C 1 2 R 1:91)		

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 22 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平9-146815

(22)出願日 平成9年(1997) 6月4日

(31)優先権主張番号 特願平9-6522

(32)優先日 平9(1997) 1月17日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000195524

生化学工業株式会社

東京都中央区日本橋本町2丁目1番5号

(72)発明者 小林 政

愛知県愛知郡長久手町長湫打越38-2 コ  
一求金子102

(72)発明者 羽瀧 弘子

愛知県名古屋市昭和区八事富士見703番地

(72)発明者 木全 弘治

愛知県名古屋市天白区植田山1丁目1404番  
地

(74)代理人 弁理士 遠山 勉 (外2名)

(54)【発明の名称】 グリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチド及びそれをコードするDNA

(57)【要約】

【課題】 ヘパラン硫酸に含まれるL-イズロン酸残基の2位の水酸基に硫酸基を選択的に転移するヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素(HS2ST)をコードする塩基配列を有するDNAを提供する。

【解決手段】 チャイニーズハムスターの卵巣細胞からHS2STを部分精製してその部分的アミノ酸配列を決定し、その配列に基づいて作成したオリゴヌクレオチドプライマーを用いたPCRにより上記細胞から調製したポリ(A)<sup>+</sup>RNAからHS2ST部分的cDNAを増幅し、得られたcDNA断片をプローブとするハイブリダイゼーションによりcDNAライブラリーからHS2ST完全長cDNAを得た。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 配列番号14に示すアミノ酸配列を有し、硫酸基供与体から硫酸基を、硫酸基受容体であるグリコサミノグリカンに含まれる $\text{L-イイズロン酸残基}$ の2位の水酸基に転移する酵素活性を実質的に害さない1つ以上のアミノ酸残基の置換、欠失、挿入又は転位を有していてもよいグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチドの少なくとも一部をコードする塩基配列を有するDNA。

【請求項2】 配列番号14に示すアミノ酸配列の少なくとも一部をコードする塩基配列を有する請求項1記載のDNA。

【請求項3】 配列番号2に示すアミノ酸配列を有し、硫酸基供与体から硫酸基を、硫酸基受容体であるグリコサミノグリカンに含まれる $\text{L-イイズロン酸残基}$ の2位の水酸基に転移する酵素活性を実質的に害さない1つ以上のアミノ酸残基の置換、欠失、挿入又は転位を有していてもよいグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチドの少なくとも一部をコードする塩基配列を有するDNA。

【請求項4】 配列番号2に示すアミノ酸配列の少なくとも一部をコードする塩基配列を有する請求項3記載のDNA。

【請求項5】 配列番号4に示すアミノ酸配列を有し、硫酸基供与体から硫酸基を、硫酸基受容体であるグリコサミノグリカンに含まれる $\text{L-イイズロン酸残基}$ の2位の水酸基に転移する酵素活性を実質的に害さない1つ以上のアミノ酸残基の置換、欠失、挿入又は転位を有していてもよいグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチドの少なくとも一部をコードする塩基配列を有するDNA。

【請求項6】 配列番号4に示すアミノ酸配列において、アミノ酸番号1～356で表されるアミノ酸配列の少なくとも一部をコードする塩基配列を有する請求項5記載のDNA。

【請求項7】 以下の性質を有するグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチドをコードする塩基配列を有するDNA。

①作用：硫酸基供与体から硫酸基を、硫酸基受容体であるグリコサミノグリカンに含まれる $\text{L-イイズロン酸残基}$ の2位の水酸基に選択的に転移する。

②基質特異性：ヘパラン硫酸およびCDSNS-ヘパリンには硫酸基を転移するが、コンドロイチン、コンドロイチン硫酸、デルマトン硫酸およびケラタン硫酸には硫酸基を転移しない。

③至適反応pH：pH5.0～6.5付近

④至適反応イオン強度：50～200mM付近（塩化ナトリウムの場合）

⑤阻害及び活性化

プロタミンを共存させることにより酵素活性が増大す

る。アデノシン-3', 5'-ジリン酸(3', 5'-ADP)を共存させることにより酵素活性が阻害される。10mM以下のジチオスレイトール(DTT)を共存させることによってほとんど酵素活性に影響を受けない。

⑥分子量：N-グリコシダーゼ処理後の非還元条件下でのSDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動により推定される分子量：約38,000。

【請求項8】 チャイニーズハムスター又はヒト由来である請求項7記載のDNA。

【請求項9】 配列番号14に示すアミノ酸配列を有し、硫酸基供与体から硫酸基を、硫酸基受容体であるグリコサミノグリカンに含まれる $\text{L-イイズロン酸残基}$ の2位の水酸基に転移する酵素活性を実質的に害さない1つ以上のアミノ酸残基の置換、欠失、挿入又は転位を有していてもよいグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチドの全部又は部分からなるポリペプチド。

【請求項10】 配列番号2に示すアミノ酸配列を有し、硫酸基供与体から硫酸基を、硫酸基受容体であるグリコサミノグリカンに含まれる $\text{L-イイズロン酸残基}$ の2位の水酸基に転移する酵素活性を実質的に害さない1つ以上のアミノ酸残基の置換、欠失、挿入又は転位を有していてもよいグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチドの全部又は部分からなるポリペプチド。

【請求項11】 配列番号4に示すアミノ酸配列を有し、硫酸基供与体から硫酸基を、硫酸基受容体であるグリコサミノグリカンに含まれる $\text{L-イイズロン酸残基}$ の2位の水酸基に転移する酵素活性を実質的に害さない1つ以上のアミノ酸残基の置換、欠失、挿入又は転位を有していてもよいグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチドの全部又は部分からなるポリペプチド。

【請求項12】 配列番号4に示すアミノ酸配列を有し、硫酸基供与体から硫酸基を、硫酸基受容体であるグリコサミノグリカンに含まれる $\text{L-イイズロン酸残基}$ の2位の水酸基に転移する酵素活性を実質的に害さない1つ以上のアミノ酸残基の置換、欠失、挿入又は転位を有していてもよいポリペプチドを含むグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素。

【請求項13】 請求項7又は8記載のDNAが有する塩基配列によってコードされるグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチドの全部又は部分からなるポリペプチド。

【請求項14】 請求項1～8のいずれか1項に記載のDNAで形質転換された細胞を、好適な培地で培養し、該DNAが有する塩基配列によってコードされるグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチドを培養物中に生成蓄積させ、その培養物から前記ポリペプチドを採取することを含む、ポリペプチドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、グリコサミノグリカン硫酸基転移酵素（グリコサミノグリカンスルホトランスフェラーゼ）のポリペプチド及びそれをコードする塩基配列を有する新規なDNAに関するものである。より詳しくはヘパラン硫酸に含まれるL-イズロン酸の2位の水酸基を選択的に硫酸化するチャイニーズハムスター及びヒト由来のヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素のポリペプチド及びそれをコードする塩基配列を有するDNAに関するものである。また、本発明は、該DNAを利用するグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリ

#### 【0002】

【従来の技術】ヘパラン硫酸は、ヘキサロン酸（HexA）残基（D-グルクロン酸（GlcA）残基またはL-イズロン酸（IdoA）残基）とN-アセチルグルコサミン残基（GlcNAc）の二糖の繰り返し構造（4GlcAβ1/I doAα1→4GlcNAcα1）を基本骨格とし、そのヘキサロン酸残基の2位の一部およびN-アセチルグルコサミン残基の2位と6位の一部のそれぞれに硫酸基を有するグリコサミノグリカンの一種である。

【0003】グリコサミノグリカン硫酸基転移酵素の遺伝子がクローニングされることにより、硫酸基受容体となるグリコサミノグリカンに対する該酵素の基質特異性についての情報を得ることが可能となり、グリコサミノグリカンの構造と機能の関係を研究する上で有用なアプローチが提供されることが考えられる。グリコサミノグリカンの生合成、その中でもヘパリン/ヘパラン硫酸の生合成には多くの硫酸化のプロセスがあることが知られており（木幡陽、箱守仙一郎、永井克孝編、グリコテクノロジー⑤、57頁、1994、講談社サイエンティフィック発行）、この硫酸化には様々なグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素が関与しているものと考えられる。ヘパリン/ヘパラン硫酸に硫酸基を転移するグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素としては、ヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素（以下、「HS2ST」と略記することもある）およびヘパラン硫酸6-O-硫酸基転移酵素（以下、「HS6ST」と略記することもある）が単離されている。しかしながらcDNAのクローニングは困難である。

【0004】本発明者らは既に硫酸基供与体である3'-ホスホアデノシン5'-ホスホ硫酸から硫酸基を、硫酸基受容体であるヘパラン硫酸に含まれるL-イズロン酸残基の2位の水酸基に選択的に転移するヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素をチャイニーズハムスターの卵巣由来の培養細胞（CHO細胞）から精製している（Kobayashi, M., Habuchi, H., Habuchi, O., Saito, M., and Kimata, K. (1996) J. Biol. Chem. 271, 7645-7653）。しかしながら、該酵素のクローニングは未だなされていなかった。また、ヒト由来のヘパラン硫酸2-O-

1-硫酸基転移酵素及びそれをコードするDNAは未だ得られていなかった。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ヘパラン硫酸に含まれるL-イズロン酸残基の2位の水酸基に硫酸基を選択的に転移する酵素を大量に得ることはヘパラン硫酸の構造解析研究において重要な手段を提供することになるので、当該酵素のcDNAのクローニングは非常に重要である。すなわち、本発明は当該酵素のポリペプチド及びその配列をコードするcDNAをクローニングすることにより、当該酵素を簡便な方法により大量に入手する手段を提供し、それにより硫酸化多糖の構造-機能の関係の解明に寄与することを目的とする。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、ヘパラン硫酸やN、O-脱硫酸化再N-硫酸化ヘパリン（本明細書中において「CDSNS-ヘパリン」とも記載する）に含まれるL-イズロン酸残基の2位の水酸基に選択的に硫酸基を転移するグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素、すなわちヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素のポリペプチドをコードするDNAを鋭意検索し、該酵素のポリペプチドをコードする塩基配列を有するcDNAのクローニングに成功し、該cDNAによりヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素が発現することを確認して本発明を完成した。

【0007】すなわち本発明は、配列番号14に示すアミノ酸配列を有し、硫酸基供与体から硫酸基を、硫酸基受容体であるグリコサミノグリカンに含まれるL-イズロン酸残基の2位の水酸基に選択的に転移する酵素活性を実質的に害さない1つ以上のアミノ酸残基の置換、欠失、挿入または転位を有していてもよいグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチドの少なくとも一部をコードする塩基配列を有するDNAを提供する。

【0008】本発明のDNAとしては、配列番号14に示すアミノ酸配列の少なくとも一部をコードする塩基配列を有するDNAが挙げられ、より具体的には、配列番号2に示すアミノ酸配列の少なくとも一部及び配列番号4に示すアミノ酸配列の少なくとも一部をコードする塩基配列を有するDNAが挙げられる。

【0009】本発明は、また、以下の性質を有する硫酸基転移酵素のポリペプチドをコードする塩基配列を有するDNAを提供する。

①作用：硫酸基供与体から硫酸基を、硫酸基受容体であるグリコサミノグリカンに含まれるL-イズロン酸残基の2位の水酸基に選択的に転移する。

②基質特異性：ヘパラン硫酸およびCDSNS-ヘパリンには硫酸基を転移するが、コンドロイチン、コンドロイチン硫酸、デルマタン硫酸およびケラタン硫酸には硫酸基を転移しない。

③至適反応pH：pH5.0～6.5付近

④至適反応イオン強度：50～200mM付近（塩化ナトリウムの場合）

⑤阻害及び活性化

プロタミンを共存させることにより酵素活性が増大する。アデノシン-3', 5'-ジリン酸（3', 5'-ADP）を共存させることにより酵素活性が阻害される。10mM以下のジチオスレイトール（DTT）を共存させることによってほとんど酵素活性に影響を受けない。

⑥分子量：N-グリコシダーゼ処理後の非還元条件下でのSDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動により推定される分子量：約38,000。

【0010】さらに、本発明は、上記DNAの塩基配列によってコードされるグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチドの全部又は部分からなるポリペプチドを提供する。

【0011】また、さらに、本発明は、配列番号4に示すアミノ酸配列を有し、硫酸基供与体から硫酸基を、硫酸基受容体であるグリコサミノグリカンに含まれるL-イズロン酸残基の2位の水酸基に転移する酵素活性を実質的に害さない1つ以上のアミノ酸残基の置換、欠失、挿入又は転位を有していてもよいポリペプチドを含むグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素を提供する。

【0012】尚、本発明のDNAが有する塩基配列がコードするポリペプチドを含むグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素（以下「本酵素」とも記載する）を便宜的にヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素またはヘパラン硫酸2-O-スルホトランスフェラーゼと称するが、これは該酵素の基質がヘパラン硫酸に限られることを意味するものではない。例えば本酵素は、N, O-脱硫酸化したヘパリンを再度N-硫酸化することにより得られる化学修飾ヘパリン（N, O-脱硫酸化再N-硫酸化ヘパリンであり、本明細書において「CDSNS-ヘパリン」とも記載する）に含まれるL-イズロン酸残基の2位の水酸基にも選択的に硫酸基を転移する。また、非修飾のヘパリンは、ほとんどのL-イズロン酸残基の2位に硫酸基を有しているが、わずかに水酸基を有するものがあり、本発明DNAが有する塩基配列がコードする酵素は、このようなヘパリンのL-イズロン酸残基の2位の水酸基にも硫酸基を選択的に転移する。本明細書においてはCDSNS-ヘパリンのような修飾ヘパリンも併せて、単にヘパリンと記載することがある。

【0013】また、本発明は、上記のDNAで形質転換された細胞を、好適な培地で培養し、該DNAが有する塩基配列によってコードされる本酵素のポリペプチドを培養物中に生成蓄積させ、その培養物から前記ポリペプチドを採取することを含む、ポリペプチドの製造方法を提供する。

【0014】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態を説

明する。

<1>本発明のグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチドをコードする塩基配列を有するDNA（本発明DNA）

本発明DNAは配列番号14に示すアミノ酸配列を有し、硫酸基供与体から硫酸基を、硫酸基受容体であるグリコサミノグリカンに含まれるL-イズロン酸残基の2位の水酸基に選択的に転移する酵素活性を実質的に害さない1つ以上のアミノ酸残基の置換、欠失、挿入または転位を有していてもよいグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチドの少なくとも一部をコードする塩基配列を有するDNAを提供する。

【0015】本発明DNAが有する塩基配列によってコードされるポリペプチドを含むグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素は、硫酸基供与体から、硫酸基受容体であるグリコサミノグリカンに含まれるL-イズロン酸残基の2位の水酸基に硫酸基を選択的に転移するヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素である。

【0016】本発明DNAは、本発明により初めて単離されたDNAであり、ヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素（以下「HS2ST」とも記載する）のポリペプチドの少なくとも一部をコードしているのであればその塩基配列は特に限定はされない。また、本発明DNAが有する塩基配列がコードするHS2STのポリペプチドは硫酸基供与体から硫酸基を、硫酸基受容体であるグリコサミノグリカンに含まれるL-イズロン酸残基の2位の水酸基に選択的に転移する活性を実質的に害さない1つ以上のアミノ酸残基の置換、欠失、挿入又は転位を有していてもよく、そのようなDNAのいずれもが本発明のDNAに包含される。該活性の測定方法は公知であり（例えば、J. Biol. Chem. 271, 7645-7653(1996)）、当業者であれば、目的とする酵素活性の有無を指標として、該活性を実質的に害さない1つ以上のアミノ酸残基の置換、欠失、挿入又は転位をアミノ酸配列に有する本酵素を容易に選択することができる。

【0017】配列番号14に示すアミノ酸配列において、アミノ酸番号39は、好ましくは中性アミノ酸、より好ましくはセリン又はアラニンであり、アミノ酸番号67は、好ましくは中性アミノ酸、より好ましくはスレオニン又はアラニンであり、アミノ酸番号68は、好ましくは疎水性アミノ酸、より好ましくはロイシン又はバリンであり、アミノ酸番号74は、好ましくはメチオニン又はイソロイシンであり、アミノ酸番号100は、好ましくは塩基性アミノ酸、より好ましくは、リジン又はアルギニンであり、アミノ酸番号130は、好ましくは水酸基含有アミノ酸、より好ましくはセリン又はスレオニンであり、アミノ酸番号132は、好ましくはリジン又はアスパラギンであり、アミノ酸番号142は、好ましくは疎水性アミノ酸、より好ましくはバリン又はイソロイシンであり、アミノ酸番号277は、好ましくは酸

性アミノ酸、好ましくはグルタミン酸又はアスパラギン酸である。なお、ここで、塩基性アミノ酸とは、好ましくはヒスチジン、リジン及びアルギニンを意味し、酸性アミノ酸とは、好ましくはグルタミン酸及びアスパラギン酸を意味し、中性アミノ酸とは、酸性でも塩基性でもないアミノ酸即ち通常の生体環境で電荷を有さないアミノ酸、好ましくはグリシン、アラニン、セリン、スレオニンを意味し、疎水性アミノ酸とは、グリシン、アラニン、バリン、ロイシン、イソロイシン、プロリン、フェニルアラニン、メチオニン、トリプトファン、システイン及びこれらと同等の疎水性を有するアミノ酸、好ましくは、バリン、ロイシン及びイソロイシンを意味する。

【0018】上記本発明DNAにおいて、配列番号14に示すアミノ酸配列は、好ましくは配列番号2又は4に示すアミノ酸配列である。また、本発明DNAは、アミノ酸残基の置換、欠失、挿入又は転位を有さない配列番号14、2又は4に示すアミノ酸配列の少なくとも一部をコードする塩基配列をコードすることが好ましい。

【0019】本発明DNAとして具体的には、配列番号14に示すアミノ酸配列においてアミノ酸番号1〜356で表されるアミノ酸配列をコードする塩基配列を有するDNAが挙げられ、より具体的には配列番号2においてアミノ酸番号1〜356及び配列番号4においてアミノ酸番号1〜356で表されるアミノ酸配列をコードする塩基配列を有するDNAが挙げられ、かつ好ましい。本発明DNAが有する塩基配列としてさらに具体的には、配列番号1及び配列番号3に示す塩基配列の少なくとも一部または全てを有するDNAが挙げられ、かつ特に好ましい。このようなDNAとして具体的には、配列番号1に示す塩基配列における塩基番号24〜1091及び配列番号3に示す塩基配列における塩基番号355〜1422の塩基配列を有するDNAが挙げられる。

【0020】配列番号1及び配列番号3に示す塩基配列において、HS2STcDNAのオープンリーディングフレームの5'末端部には4つのイン・フレームのATGコドンが含まれている。第1番目のATGコドンの周囲の塩基配列は、真核細胞の翻訳開始部位の共通配列と比較すると、-3の位置のプリン（アデニン）は保存されていないが、+4の位置のG（グアニン）が保存されている。このことは、効率的な翻訳には、-3の位置にプリンがないときは+4の位置のGが必須であるというKozakの知見（Kozak, M. (1986) Cell, 44, 283-292）を満足している。また、第2番目、第3番目、第4番目のATGコドンの周囲の塩基配列も、-3の位置がプリン（それぞれA（アデニン）、A、G）であり、+4はGではなく、それぞれA、C（シトシン）、Cであって共通配列に部分的に適合しており、いずれのATGコドンも開始コドンとして機能する可能性がある。しかしながら、第4番目のATGコドンはアミノ酸配列において膜貫通領域の疎水部位に当たるため、翻訳開始部位として機能する可

性は低い。

【0021】ところで、 $\beta$ -1、4-ガラクトシルトランスフェラーゼは、フレーム内に2つのATGコドンを含むことが知られている（Nakazawa, K. et al. (1988) J. Biochem, 104, 165-168, Shaper, N. et al. (1988) J. Biol. Chem., 263, 10420-10428）。また、Shaperらは、 $\beta$ -1、4-ガラクトシルトランスフェラーゼは、2箇所からの翻訳開始の結果、長いものと短いものとの両方の形態が合成されることを示している。さらに、Lopezらは、長い形態のものは原形質膜を優先的に標的とし、短い形態のものは主としてゴルジ体内に存在することを示唆する証拠を示している（Lopez, L. et al. (1991) J. Biol. Chem., 266, 15984-15991）。同様に、HS2STについても、複数のATGコドンが開始コドンとして機能する可能性はあるが、定かではない。しかし、いずれのATGコドンが開始コドンであっても、上記の硫酸基転移酵素のポリペプチドをコードする点では同じであり、配列番号1及び配列番号3の塩基配列における第2番目、第3番目、第4番目のATGコドンから始まる塩基配列を有するDNAも本発明に包含されるものである。

【0022】配列番号1の最初のATGコドンで始まる単一のオープンリーディングフレームからは、356アミノ酸残基からなり、分子量41,830、N-結合グリコシレーション部位である可能性がある2カ所の部位を有するタンパク質が予測される。このアミノ酸配列から作成したヒドロパシープロット（図2）から、N-末端から14〜27番目のアミノ酸残基にわたる長さ14残基の1つの顕著な疎水性部分が認められ、トランスメンブレン（膜貫通）ドメインを有することが予想される。また、配列番号3の最初のATGコドンで始まる単一のオープンリーディングフレームからは、356アミノ酸残基からなり、分子量41,868、N-結合グリコシレーション部位である可能性がある2カ所の部位を有するタンパク質が予測される。このアミノ酸配列から作成したヒドロパシープロットから、N-末端から14〜27番目のアミノ酸残基にわたる長さ14残基の1つの顕著な疎水性部分が認められ、トランスメンブレン（膜貫通）ドメインを有することが予想される。

【0023】本発明DNAは、このDNAが有する塩基配列によってコードされるHS2STのポリペプチドが、硫酸基供与体から硫酸基を、硫酸基受容体であるヘパラン硫酸に含まれるラーイズロン酸残基の2位の水酸基に選択的に転移する活性を実質的に害されない限り、1つ又は2つ以上のアミノ酸残基の置換、欠失、挿入又は転位を起こすようなヌクレオチドの置換、欠失、挿入又は転位は、両末端に制限酵素切断末端を持ち、変異点の両側を含む配列を合成し、未変異DNAが有する塩基配列の相当する部分と入れ換えることによ

り、DNAに導入することができる。また、部位特異的変異法(Kramer, W. and Frits, H. J., Meth. in Enzymol., 154, 350(1987); Kunkel, T. A. et al., Meth. in Enzymol., 154, 367(1987))などの方法によっても、DNAに置換、欠失、挿入又は転位を導入することができる。本酵素の活性の測定方法は公知であり(例えば、J. Biol. Chem. 271, 7645-7653(1996))、当業者であれば、目的とする酵素活性の有無を指標として、該活性を実質的に害さない1つ以上のアミノ酸残基の置換、欠失、挿入又は転位をアミノ酸配列に有する本酵素をコードするDNAにおける塩基配列の置換、欠失、挿入又は転位を容易に選択することができる。

【0024】なお、遺伝暗号の縮重による異なった塩基配列を有するDNAも本発明DNAに包含されることは、当業者であれば容易に理解されるところである。さらに、染色体由来のHS2ST遺伝子は、コード領域にイントロンを含むことが予想されるが、そのようなイントロンで分断されているDNA断片であっても、HS2STのポリペプチドの少なくとも一部をコードする限り、本発明のDNA断片に包含される。すなわち、本明細書において「コードする」とは、転写時にプロセッシングを受けて最終的に目的のポリペプチドを生じうる塩基配列を有することも包含する。

【0025】また、本明細書において「ポリペプチドの少なくとも一部をコードする」とは、好ましくは、HS2ST活性を有する、抗原性を有するなどの何らかの活性ないし機能を有する部分、あるいは、その部分に相当する塩基配列がそのHS2STに特異的であって、プライマーやプローブとして使用できる部分をコードすることを意味する。

【0026】なお、本発明DNAには、本発明DNAに相補的なDNAまたはRNAも包含される。さらに本発明のDNAは、ヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素をコードするコード鎖のみの一本鎖であってもよく、この一本鎖およびこれと相補的な配列を有するDNA鎖またはRNA鎖からなる二本鎖であってもよい。

【0027】また、本発明DNAは、ヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素のポリペプチド全体をコードするコード領域全長の塩基配列を有していてもよく、またヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素のポリペプチドの一部をコードする塩基配列を有するものであってもよい。

【0028】特に、配列番号2に示すアミノ酸配列を有するポリペプチドを含むグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素は、本発明者らによってチャイニーズハムスターの卵巣由来の培養細胞(CHO細胞: ATCC CCL61)から精製されたヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素(Kobayashi, M., Habuchi, H., Habuchi, O., Saito, M., and Kimata, K. (1996) J. Biol. Chem. 271, 7645-7653)であり、下記のような理化学的性質を有する。

①作用: 硫酸基供与体から、硫酸基受容体であるグリコ

サミノグリカンに含まれるL-イズロン酸残基の2位の水酸基に硫酸基を選択的に転移する。すなわち、上記硫酸基受容体のL-イズロン酸の2位水酸基以外には実質的に硫酸基を転移しない。硫酸基供与体としては活性硫酸(3'-ホスホアデノシン5'-ホスホ硫酸; 以下「PAPS」とも記載する)が好適には挙げられる。グルコサミン残基には実質的に硫酸基を転移しない。

②基質特異性: ヘパラン硫酸およびCDSNS-ヘパリンには硫酸基を転移するが、コンドロイチン、コンドロイチン硫酸、デルマトン硫酸およびケラタン硫酸には硫酸基を転移しない。

③至適反応pH: 本酵素はpH5.0~6.5の範囲、特にpH5.5付近の反応液中で高い硫酸基転移活性を有する。

④至適反応イオン強度: 本酵素の活性は反応イオン強度の増加にともなう増加し、NaClの場合、50~200mM、特に100mM付近で最も高い活性を示す。この範囲を超えてNaCl濃度が増加すると活性は徐々に低下し、500mMでは活性は極めて低くなる。

⑤阻害及び活性化

本酵素はプロタミンを反応液中に共存させることにより活性が増大する。約0.013mg/ml以上のプロタミンにより、プロタミン非存在下に比して約3倍に酵素活性が増大する。

【0029】また、本酵素の活性はアデノシン-3', 5'-ジリン酸(3', 5'-ADP)を反応液中に共存させることにより阻害される。尚、本酵素の活性は10mM以下のジチオスレイトール(DTT)を反応液中に共存させることによってほとんど影響を受けない。

⑥分子量: N-グリコシダーゼ(ジェンザイム(Genzym)社製)処理後の非還元条件下でのSDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動により推定される分子量: 約38,000。

【0030】スーパーロース12(ファルマシア-LKB社製)ゲルクロマトグラフィーにより推定される分子量: 約130,000。

⑦ミカエリス定数

硫酸基の受容体としてCDSNS-ヘパリンを、硫酸基の供与体としてPAPSをそれぞれ用いたときの本酵素のPAPSに対するミカエリス定数(K<sub>m</sub>)は、約0.20μMである。

【0031】このような性質を有する硫酸基転移酵素のポリペプチドをコードする塩基配列を有するDNAも本発明DNAに包含されるものである。以下、本発明DNAを得る方法について説明する。本発明により本発明DNAが有する塩基配列によってコードされるアミノ酸配列が明らかにされたので、その配列に基づいて作成したオリゴヌクレオチドプライマーを用いるPCR法(ポリメラーゼ・チェイン・リアクション法)によって染色体DNAあるいはmRNAから本発明のDNAを増幅する

## 11

ことによって取得することも可能であり、また、特に、以下の各工程からなるcDNAクローニングにより製造することも可能である。

(1) 精製したヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素のポリペプチドの少なくとも一部のアミノ酸配列を決定する。

(2) 上記アミノ酸配列に基づいてオリゴヌクレオチドプライマーを作製する。

(3) 培養細胞より抽出したRNAから上記プライマーを用いてPCR法によりcDNAを増幅することによって前記硫酸基転移酵素のプロープを製造する。

(4) 上記プロープによって培養細胞又は生体組織由来のcDNAライブラリーをスクリーニングする。スクリーニングによって、通常には、上記硫酸基転移酵素の完全長cDNAを選択する。

【0032】しかし、本発明のDNAの製造方法はこれに限定されるものではなく、上記PCR法や、他の公知のcDNAクローニングの手法によっても本発明DNAを製造することができる。

【0033】以下に、本発明のDNAを製造する方法の一例を具体的に説明する。

(1) ヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素(HS2ST)のアミノ酸配列の決定

(i) HS2STの精製

ヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素は、チャイニーズハムスターの卵巣由来の培養細胞などヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素を発現する細胞から、通常のタンパク質の精製方法、および通常のグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素の精製方法を組み合わせることによって精製することが可能である。具体的には、J. Biol. Chem. 271, (13), 7645-7653, (1996)に記載された方法に従って行うことができる。

【0034】(ii) ヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素の部分アミノ酸配列の決定

精製したHS2STには糖鎖が結合していることが知られているので、この糖鎖を除去するために精製HS2STをN-グリカナゼなどの糖鎖分解酵素で消化し、脱グリコシル化されたHS2STをSDS-PAGE(SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動)等で分離し、ポリビニリデンフルオリド(polyvinylidene fluoride; PVDf)膜やニトロセルロース膜などに転写する。この膜をクマシー・ブリリアント・ブルー(CBB)やアミドブラックなどのタンパク質を染色する色素で染色し、N-グリカナゼ消化後に形成したタンパク質バンドを切り出して断片化に用いる。

【0035】断片化の方法は特に限定はされないが、上記タンパク質バンドにタンパク質分解酵素を接触させるなど、公知の方法でタンパク質を断片化することができる。具体的なタンパク質分解酵素の例としてはエンドプロテイナーゼLys-C、エンドプロテイナーゼAsp

## 12

-Nなどが挙げられる。ゲルからバンドを切りだし、タンパク質分解酵素に接触させ、その後SDS-PAGEなどで分離してもよい。簡便な操作としては、Cleveland, D. W., Fischer, S. G., Kirshner, M. W., and Laemmli, U. K. (1977) J. Biol. Chem. 252, 1102-1106の方法がある。すなわち、タンパク質バンドを切り出して別のゲルのウェルに挿入し、タンパク質分解酵素を含む緩衝液を、挿入したゲルに乗せてSDS-PAGEを行い、色素マーカーの先端が分離ゲルにはいる直前に電源を切ることによって泳動を一時中断し、約30分間酵素消化を行い、その後電気泳動を再開するという方法である。この方法によれば酵素消化と消化後のペプチド断片の分離が単一工程でできるため好ましい。断片化によって生じたペプチドをPVDf膜やニトロセルロース膜などに転写した後、CBBまたはアミドブラックなどを用いてペプチドを染色し、ペプチドのバンドを切り出す。タンパク質分解酵素消化後に生じたペプチドを含むPVDf膜やニトロセルロース膜などは、公知の方法でペプチドのアミノ末端配列決定を行うことが可能である。具体的にはモデル476Aプロテインシーケンサー(アプライド バイオシステムス(Applied Biosystems)社製)などを用いてアミノ酸の配列を分析することが好ましいがこれに限定はされない。なお、業者に依頼してアミノ酸配列を決定してもらうことも可能である。

【0036】(iii) オリゴヌクレオチドプライマーの合成

HS2STの部分アミノ酸配列に基づき、PCR用オリゴヌクレオチドプライマーを作成する。アミノ酸配列のうち、なるべくコドンの縮重が少ない部位を用いることが好ましい。このようなプライマーの例を、図1に示す(センスプライマー：配列番号8、9；アンチセンスプライマー：配列番号10、11)。

【0037】(2) HS2ST部分的cDNAの調製とプロープの作成

①全RNAは、公知の方法(Kingston, R. S., (1991) in Current Protocols in Molecular Biology, Suppl. 14, Unit 4.2, Greene Publishing Associates and Wiley Interscience, New Yorkなど)で得ることができる。

材料は、ヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素のmRNAを発現している材料であれば限定はされないが、取り扱いの容易さ、および増殖可能な点で培養細胞が好ましい。培養細胞の中でも特にチャイニーズハムスターの卵巣細胞(CHO細胞：ATCC CCL61)が本酵素が強く発現し、酵素活性も比較的高いため好ましい。上記培養細胞の培養に用いる培地は特に制限されないが、大量の細胞を効率よく得るには、スピナーフラスコなどによる浮遊細胞の培養に適した物が好ましい。具体的にはCHO細胞を使用する場合には浮遊培養用のCHO-S-SFMI I培地(ギブコ製)などの市販の培地を用いてもよい。上記のような培地を用いてスピナーフラスコを使

用して通常の培養細胞と同様にして培養すればよい。培養は、炭酸ガスインキュベーター中で行うことが好ましく、インキュベーター中の炭酸ガス濃度が5~7%、空気が95~93%となるように調整することが好ましい。また、温度は37~38℃程度に調整することが好ましい。

【0038】全RNAは、前述のように培養した培養細胞から通常用いられる全RNAの調製方法により得ることができるが、グアニジンチオシアネート/CsCl法 (Kingston, R. E., (1991) in Current Protocols in Molecular Biology, Suppl. 14, Unit 4.2, Greene Publishing Associates and Wiley Interscience, New York) で調製することが好ましい。

#### 【0039】②ポリ(A)<sup>+</sup>RNAの調製

ポリ(A)<sup>+</sup>RNAは、上記のようにして得られた全RNAから、オリゴdT (oligo-(dT)) セルロースカラムクロマトグラフィーなどによって精製することができる。

#### 【0040】③PCR法によるHS2ST部分的cDNAの増幅

上記ポリ(A)<sup>+</sup>RNAを鋳型とし、オリゴヌクレオチドプライマーを用いた逆転写PCRにより、HS2ST部分的cDNAを増幅することができる。PCRは、通常の方法と同様にして行えばよいが、具体的方法を示すならば以下の通りである。1μlのポリ(A)<sup>+</sup>RNA、100pmolの前述のオリゴヌクレオチドプライマー、それぞれ500μMの4種類のデオキシヌクレオシド三リン酸、200単位のM-MLV逆転写酵素 (ギブコBRL (Gibco BRL))、1mMジチオスレイトール (DTT)、120単位のRNase (リボヌクレアーゼ) インヒビター (宝酒造 (株) 製) を含む緩衝液 (終体積20μl) を37℃で60分間インキュベートし、cDNA一次鎖を合成する。次に、上記の逆転写反応混合液2μl、1μMのオリゴヌクレオチドプライマー、それぞれ200μMの4種類のデオキシヌクレオシド三リン酸、1.25単位のTaqポリメラーゼを含む反応液 (終体積50μl) に対し、94℃1分、60℃2分、72℃2分を3サイクル行い、次いで60℃2分の工程の温度を3サイクルごとに2℃ずつ下げながら48℃まで繰り返し、さらに48℃で17サイクル繰り返して行う。

【0041】このようにして得られた部分的cDNAは、cDNAライブラリーから完全長cDNA (コード領域全長を含むcDNA) をスクリーニングするためのハイブリダイゼーションプローブとして用いられる。

#### 【0042】(3) cDNAライブラリーの作成

##### (i) cDNAの合成と組換えDNAの作成

cDNAは、ポリ(A)<sup>+</sup>RNAを鋳型とした逆転写酵素反応により通常の方法を用いて合成することができる。合成する際は市販のcDNA合成用キットを用いるのが便利である。例えばTime Saver cDNA syn

thesis kit (ファルマシアLKBバイオテクノロジー) を用いると、cDNAの合成およびcDNAをクローニングベクターに連結することもできる。また、市販のcDNAライブラリーを用いることにより、より簡便にcDNAを得ることも可能である。本発明においてもCHO細胞のcDNAライブラリーであるストラタジーン製のLamda ZAPライブラリー及びヒト胎児脳由来のcDNAライブラリーであるクロンテック製のλgt11ライブラリーを用いている。クローニングベクターに結合した状態のこれらの組換えDNAを宿主細菌細胞中に導入 (トランスフェクション) する。用いる宿主細菌細胞は、用いるクローニングベクターにより選択する必要があるが、通常は大腸菌 (エシェリキア・コリ: Escherichia coli (E. coli)) を宿主とするクローニングベクターと大腸菌との組み合わせが頻用されているがこれに限定はされない。トランスフェクションは通常、組換えDNAと30mM塩化カルシウムの存在下で細胞膜の透過性を変化させた大腸菌とを混合することにより行われる。Lamda ZAPやλgt11のような入ファージベクターの場合、組換えDNAを直接塩化カルシウム処理した大腸菌に導入もできるが、予め試験管中でファージ外殻に入れて (in vitroパッケージングという)、大腸菌に効率よく感染させる方法が一般に使用されており、市販されているパッケージング用のキット (Gigapack II packaging extract、ストラタジーン (Stratagene) 製等) を用いてパッケージングを行うことも可能である。パッケージングした組換えDNAは、大腸菌にトランスフェクションするが、用いるクローニングベクターによって用いる大腸菌株を選択する必要がある。すなわち、抗生物質耐性遺伝子を含むクローニングベクターを用いる場合は、大腸菌に抗生物質に対する耐性の性質があつてはならず、また、β-ガラクトシダーゼ遺伝子 (lacZ) 等の遺伝子を含むクローニングベクターを用いる場合は、β-ガラクトシダーゼ活性を発現しない大腸菌を選択する必要がある。このことは、組換えDNAがトランスフェクションされた大腸菌をスクリーニングするために必要なことである。例えば、Lamda ZAPやλgt11クローニングベクターを用いる場合、E. coli XL-1 BlueやE. coli Y1088等の大腸菌株を選択すればよい。組換えDNAや組換えプラスミドが導入された大腸菌は抗生物質に対する耐性の獲得や、β-ガラクトシダーゼ活性の獲得等によりスクリーニングすることが可能である。具体的には、大腸菌を寒天培地にまき、生育したコロニーを選択すればよい。生育した大腸菌 (組換えDNAがトランスフェクションされた大腸菌) は、cDNAライブラリーを構成する。プラスミドにブルースクリプトを用いた場合は、指示菌とともに軟寒天培地に懸濁し、寒天培地状に重層してブラックを形成させればよい。DNA断片が挿入されたプラスミドを保持するファージプラ



ークは $\beta$ -ガラクトシダーゼ活性を発現しないので、容易に選択することができる。

【0043】(ii) HS2ST完全長cDNAクローニング

次に上記のようにして得られたcDNAライブラリーから、HS2ST完全長cDNAを有するファージクローンを、HS2ST部分的cDNAをプローブとしてハイブリダイゼーションにより選択することができる。ハイブリダイゼーションは、通常の方法に従って行えばよい。選択された陽性クローンから、ファージDNAを調製し、適当な制限酵素で切断することによりHS2ST cDNAを切り出すことができる。得られたcDNAは、そのまま、あるいは適当なプラスミドにサブクローニングして、塩基配列を決定する。

【0044】上記のようにして決定されたチャイニーズハムスター由来のHS2ST cDNAの塩基配列及びこの塩基配列から予想されるアミノ酸配列を配列番号1に、アミノ酸配列のみを配列番号2に示す。また、ヒト由来のHS2ST cDNAの塩基配列及びこの塩基配列から予想されるアミノ酸配列を配列番号3に、アミノ酸配列のみを配列番号4に示す。ヒト由来のHS2ST cDNAは、上記チャイニーズハムスター由来のHS2STをプローブとして使用し、ヒト由来のcDNAライブラリーをスクリーニングすることによっても得ることが可能である。

【0045】<2>本発明DNAの塩基配列によってコードされるグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチドの全部又は部分からなるポリペプチド

本発明は、上記の本発明DNAによってコードされるグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素のポリペプチドの全部又は部分からなるポリペプチドも提供する。本明細書において、上記の「部分」とは、HS2ST活性を有する、抗原性を有するなどの何らかの活性ないし機能を有する部分を意味する。本ポリペプチドは単独であってもよいし、他のポリペプチドと融合していてもよい。本ポリペプチドは、糖鎖を有さないものであってもよい。

【0046】哺乳類の生体内で発現しているHS2STは糖鎖を有するため、糖鎖を有さない本ポリペプチドとは明確に区別される。このようなポリペプチドは、後記のポリペプチドの製造方法によって得ることができる。例えば、本発明を哺乳類の細胞に導入することにより、本ポリペプチドに糖鎖が付加されたものを製造することができ、また大腸菌などの原核生物の細胞に導入することにより糖鎖を有さないポリペプチドのみを製造することもできる。また、上記の活性ないし機能の有無を判定することは当業者に公知の方法によって行うことができる。

【0047】特に、配列番号4に示すアミノ酸配列を有するポリペプチドを含むHS2STは、ヒト組織で発現している新規なヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素で

あり、従って、本発明は、配列番号4に示すアミノ酸配列を有し、硫酸基供与体から硫酸基を、硫酸基受容体であるグリコサミノグリカンに含まれるL-イーズロン酸残基の2位の水酸基に転移する酵素活性を実質的に害さない1つ以上のアミノ酸残基の置換、欠失、挿入又は転位を有していてもよいポリペプチドを含むグリコサミノグリカン硫酸基転移酵素を提供する。

【0048】<3>本発明DNAを利用したHS2STポリペプチドの製造方法

上記本発明DNAで形質転換された細胞を、好適な培地で培養し、本発明DNAがコードするポリペプチドを培養物中に生成蓄積させ、その培養物から本発明ポリペプチドを採取することによって、HS2STのポリペプチドを製造することができる。

【0049】本発明DNAで形質転換された細胞は、公知の発現ベクターに本発明DNAの断片を挿入して組換えプラスミドを構築し、この組換えプラスミドを用いて形質転換を行うことによって得ることができる。細胞としては大腸菌等の原核細胞や、哺乳類細胞等の真核細胞が例示される。

【0050】本製造方法においては、タンパク質の製造に通常用いられる宿主-ベクター系を使用することができ、例えば、COS-7細胞等の哺乳類細胞とpCXN2 (Niwa, H., Yamanura, K. and Miyazaki, J. (1991) Gene 108, 193-200)又はpFLAG (イーストマン コダック (Eastman Kodak) 製) 等の哺乳類細胞用発現ベクターの組み合わせを採用することが好ましい。培地や培養条件は、用いる宿主すなわち細胞に合わせて適宜選択される。

【0051】本発明DNAは直接発現させてもよいし、他のポリペプチドとの融合ポリペプチドとして発現させてもよい。また、本発明DNAは全長を発現させてもよいし、一部を部分ペプチドとして発現させてもよい。

【0052】培養物からの本発明ポリペプチドの採取は、公知のポリペプチドの精製方法によって行うことができる。なお培養物には、培地および当該培地中の細胞が包含される。

【0053】

【実施例】以下に、本発明を実施例によりさらに具体的に説明する。

<1>チャイニーズハムスターのヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素の調製およびアミノ酸配列の分析

J. Biol. Chem. 271, 7645-7653 (1996)に記載の方法により2回目の3', 5'-ADP-アガロースカラムからの溶出画分として部分精製したHS2STを得た。SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動(PAGE)を行うために、28 $\mu$ gのHS2STを10%トリクロロ酢酸により沈殿させ、アセトンで2回洗浄した。この沈殿は、5% (V/V) の2-メルカプトエタノールを含むローディングバッファーで100℃、3分間還元およ

びSDS化した後、Laemmli (Laemmli, U. K. (1970) Nature 227, 680-685) の方法に従って10%のポリアクリルアミドゲルを用いてSDS-PAGEを行った。SDS-PAGEで分離されたタンパク質を、10%メタノールを含有するpH11の10mM 3-シクロヘキシルアミノ-1-プロパンスルホン酸 (CAPS) 溶液中、200mAで2時間30分、ProBlottのPVDF膜 (アプライド バイオシステム製) に転写した。転写したタンパク質をAebersoldらの方法 (Aebersold, R.H., Leavitt, J., Saavedra, R.A., Hood, L.E., and Kent, S.B.H. (1987) Proc. Natl. Acad. Sci. USA 84, 6970-6974) に従ってPonceau Sで染色した。45kDa以下の領域のバンドを切り出し、Iwamatsuの方法 (Iwamatsu, A. (1992) Electrophoresis 13, 142-147) を改変した方法によってPVDF膜上で変性させS-カルボキシメチル化した。膜に転写されたタンパク質は、0.5M Tris-HCl, pH8.8, 5% (V/V) アセトニトリル, 1mg ジチオスレイトール (DTT) を含む8M グアニジン塩酸塩溶液300μl中で室温で1時間還元した。そこに3mgのヨード酢酸を含む1N NaOH溶液12μlを加え、暗所に15分間置いた。この膜を蒸留水で洗浄し、その後0.1% SDSを含有する2%アセトニトリルで洗浄した。膜上のS-カルボキシメチル化したタンパク質は、1mgのメチオニンを含む100mMの酢酸に溶解した0.5% ポリビニルピロリジン (PVP-40) 300μl中で室温で30分間インキュベートし、10% (V/V) アセトニトリルで洗浄した。膜を細かく切断し、\*

\*50μlのTris-HCl (pH7.5) に溶解した0.3UのN-グリカナーゼで37℃15時間処理した。その後、*in situ*逐次的消化を、10% (V/V) アセトニトリルを含むpH9.0の20mM Tris-HCl中に酵素: 基質 (mol: mol) が1: 50となるように溶解したエンドプロテイナーゼLys-Cにより37℃で15時間行い、続いて10% (V/V) アセトニトリルを含むpH7.5の20mM 炭酸水素アンモニウムと25mM CaCl<sub>2</sub>を含むpH7.8の反応液中に酵素: 基質 (mol: mol) が1: 50となるように溶解したエンドプロテイナーゼAsp-Nにより40℃で24時間行うことにより行った。この消化産物を回収してフィルターにかけ、凍結乾燥した。1% (V/V) アセトニトリルを含む移動相A (0.06% (V/V) トリフルオロ酢酸 (TFA)) 18μlにこの凍結乾燥物を溶解し、逆相カラム (0.3×150mm) でキャピラリーHPLCを行った。ペプチドの溶出は流速3.3μl/min、100分間で2%~100%までの移動相B (0.052% TFAを含む80% アセトニトリル) の濃度勾配により行った。ペプチドの画分は214nmの吸光度をモニターしながら手作業で回収し、PVDF膜の薄片にプロットした。アミノ酸配列決定はモデル476Aプロテインシーケンサー (アプライド バイオシステム (Applied Biosystems)) で行った。表1に結果を示す。

【0054】

【表1】

ペプチド番号	アミノ酸配列	配列番号
1	DLCANRYHVLHI	5
2	DQVRFVKNI	6
3	DXYPGLXR	7
4	DIVIXYNR	8
5	DLYR	9

【0055】<2>HS2ST部分cDNAのPCRによる増幅

#### (1) PCR用プライマーの作成

上記ペプチドの1と2に基づいて、図1に示すデオキシイノシン置換を有する末端および内部のプライマーの縮重オリゴヌクレオチドを作成した (鋳型DNA配列を持つプライマー1s (配列番号10)、1si (配列番号11)、鋳型の相補的配列を持つプライマー2a (配列番号12)、2ai (配列番号13))。

#### 【0056】(2) PCR反応

CHO細胞からオリゴdT (oligo-(dT)) セルロースクロマトグラフィーを使用する常法により採取したポリ (A)<sup>+</sup>RNAを逆転写反応の鋳型として、オリゴdTをp50

※ライマーとしてcDNAの一本鎖を合成し、これをPCRの鋳型として使用した。PCRは、1μMの末端プライマー1sと2aの混合物 (又は1siと2ai)、2μlの逆転写反応液、それぞれ200μMの4種類のデオキシヌクレオチド三リン酸、および1.25UのAmpliTaqポリメラーゼ (パーキン-エルマー (Perkin-Elmer) 製) を含む混合液50μlで行った。増幅は以下のように行った。はじめの3サイクルでは解離反応は94℃で1分、アニーリングは60℃で2分、伸長反応は72℃で2分とし、3サイクルごとに50℃までアニーリングの温度のみを2℃ずつ低くし、最終的にはアニーリングの温度が48℃の条件で17サイクル行った。その後、さらに15分間伸長反応を行った。この操

19

作によって生じた増幅物質をアガロースゲル電気泳動により解析すると、増幅された約90bpのDNAのバンドが検出された。1sと2aよりも3'末端よりそれぞれ9bpと3bpシフトしているプライマー1siと2siを利用してPCRを行った結果でも、ほぼ同じ大きさのDNA断片が生じた。

【0057】<3>チャイニーズハムスターのHS2ST完全長cDNAの取得

(1) ハイブリダイゼーション用プローブの作成

1sと2aをプライマーとしてPCRを行って得られたDNA断片はJet sorb (ゲノメッド(Genomed)製)を使って回収した。T4 DNAポリメラーゼを使い平滑化し、T4ポリヌクレオチドキナーゼによりリン酸化したこのDNAを、アルカリホスファターゼ処理をしたブルースクリプト(Bluescript)プラスミド(ストラタジーン(Stratagene)製) DNAのEcoRV消化断片と結合し、JM109を用いて、青と白の色による選択によりサブクローン化した。サブクローンは配列決定により確認した。

【0058】cDNAライブラリーのスクリーニングに使用した放射線ラベルしたプローブは、プライマー1sおよび2a、鋳型としてサブクローン化された約90bpのDNA、ならびに $[\alpha\text{-}^{32}\text{P}]$ dCTP (アマシャム(Amersham)製)を含む最終量25 $\mu$ lの溶液で増幅したPCR産物から調製した。PCRは、94℃で1分、48℃で1分、72℃で1分のサイクルを35回繰り返し、最終のサイクルではさらに72℃での伸長時間を15分延長することにより行った。

【0059】(2) HS2STcDNAクローンのスクリーニング

CHO細胞のcDNAライブラリーであるLambda ZAP cDNAライブラリーをストラタジーンから購入した。宿主のE. coli XL-1 Blue細胞にライブラリーのファージを感染させた。プレート1枚当たり2~4 $\times 10^4$ 個のプラークが形成されるようにまき、約1.4 $\times 10^6$ 個のコロニーをスクリーニングした。Uni-ZAP XRライブラリーから生じたコロニーを転写したHybond N+ナイロン膜をアルカリ固定法により固定し、37.5%ホルムアミド、5 $\times$ SSPE (塩化ナトリウム/リン酸ナトリウム/EDTA緩衝液)、5 $\times$ Denhard's solution、0.5% SDSと50 $\mu$ g/mlの変性させたサケ精子DNAを含む溶液中、45℃で3.5時間プレハイブリダイズした。 $^{32}$ Pラベルしたプローブを上記バッファー中に加え、42℃で16時間ハイブリダイズした。フィルターを、55℃で1 $\times$ SSPE、1% SDS、さらに0.1 $\times$ SSPE、0.1% SDSにより洗浄し、オートラジオグラフィーにより6個の陽性クローンを検出した。

【0060】(3) チャイニーズハムスター由来のHS2STcDNAの塩基配列

20

陽性クローンからのブルースクリプト プラスミドを、ExAssistヘルパーファージとE. coli SOLRを使用するストラタジーンのin vivo DNA切り出し法(Stratagene in vivo excision protocol)により切り出した。SOLRに導入されたブルースクリプトプラスミドDNAをQIAGENプラスミドキットを用いて精製した。導入されたcDNAのうち、最も長い2.2kbpのK3とH8と名付けたcDNAの塩基配列を決定した。塩基配列はdGTP/deazaGTPキットと同封のSequenaseバージョン2.0(それぞれU.S.バイオケミカル(Biochemical)製)を使用して確かめた。T3 DNAポリメラーゼ、T7 DNAポリメラーゼによりDNA合成を開始し、約250bpの位置に内部プライマーが挿入された。得られたDNAはコンピュータソフトウェアのジェネティックスマック(GENETYX-MAC:ソフトウェアデベロップメント社製)により編集、解析した。その結果、K3から得られたcDNAがH8から得られた全配列を含み、HS2STをコードする全領域を含むことが明らかになり、この配列からコードされたアミノ酸配列を予測した(配列番号1)。アミノ末端の配列に4つのイン・フレームのATGコドンが含まれた。最初のATGコドンの上流域-21の場所に終止コドンのTGA配列が存在した。最初のATGコドンから開始するオープンリーディングフレームは356アミノ酸残基の41,830Daで2カ所の糖結合可能域を持つタンパク質が予想された。このアミノ酸配列のハイドロパシープロットにより、HS2STアミノ末端領域の14番目から27番目までの14アミノ酸残基が明確な疎水領域であることが判明した(図2)。塩基と予想されるアミノ酸配列を他のタンパク質をコードするDNAの塩基配列とタンパク質データベース(EMBL-GDBリリース44とNBRF-PDBリリース45)と比較した。その結果、ニワトリのコンドロイチン6-硫酸基転移酵素のアミノ酸番号179~183に存在するDLIYLの配列がアミノ酸番号338~342に保存されている以外は他の既知の硫酸基転移酵素と相同性は認められなかった。また、硫酸基転移酵素では比較的高い確率で保存されているアシル硫酸基転移酵素IVでPAPSと親和性を示すことが報告されているGXGXKKまたはLEKCGRの配列(Zheng, Y., Bergold, A., and Duffel, M.W. (1994) J. Biol. Chem. 269, 30313-30319)も見いだせなかった。このアミノ酸配列から、精製したタンパク質をエンドプロテイナーゼA sp-Nで処理後、エンドプロテイナーゼLys-Cで処理して際に得られた断片のアミノ酸配列が全て見つかり、このcDNAクローンは精製されたHS2STをコードするものと決定された。

【0061】<4>ヒトのHS2ST完全長cDNAの取得

(1) HS2STcDNAクローンのスクリーニング

## 21

上記チャイニーズハムスターのHS2STcDNAをスクリーニング用プローブとして使用してヒト由来のHS2ST完全長cDNAのスクリーニングを行った。ヒト胎児脳のcDNAライブラリーを組み込んだλgt11cDNAライブラリーをクロンテックから購入した。宿主のE. coli Y1088細胞にライブラリーのファージを感染させた。プレート1枚当たり2~4×10<sup>4</sup>個のプラークが形成されるようにまき、約1.0×10<sup>6</sup>個のコロニーをスクリーニングした。λgt11が組み込まれて生じたコロニーを転写したHybondN+ナイロン膜をアルカリ固定法により固定し、37.5%ホルムアミド、5×SSPE（塩化ナトリウム／リン酸ナトリウム／EDTA緩衝液）、5×Denhardt's solution、0.5% SDSと50μg/mlの変性させたサケ精子DNAを含む溶液中、42℃で3.5時間ハイブリダイズした。<sup>32</sup>Pラベルしたプローブを上記バッファー中に加え、42℃で16時間ハイブリダイズした。フィルターを、45℃で1×SSPE、1% SDS、さらに0.1×SSPE、0.1% SDSにより洗浄し、オートラジオグラフィーにより7個の陽性クローンを検出した。

【0062】(2) HS2STcDNAの塩基配列  
陽性クローンからのブルースクリプト プラスミドを、ExAssistヘルパーファージとE. coli SOLRを使用するストラタジーンのin vivo DNA切り出し法(Stratagene in vivo excision protocol)により切り出した。SOLRに導入されたブルースクリプトプラスミドDNAをQIAGENプラスミドキットを用いて精製し、cDNAの塩基配列を決定した。塩基配列はdGTP/deazaGTPキットと同封のSequenaseバージョン2.0（それぞれU.S. バイオケミカル(Biochemical)製）を使用して確かめた。T3 DNAポリメラーゼ、T7 DNAポリメラーゼによりDNA合成を開始した。得られたDNAはコンピュータソフトウェアのジェネティックス-マック(GENETYX-MAC:ソフトウェアデベロップメント社製)により編集、解析した。その結果、ヒト由来のHS2STをコードする全領域の塩基配列が明らかになり、この配列からコードされたアミノ酸配列を予測した(配列番号3)。アミノ末端の配列に4つのイン・フレームのATGコドンが含まれた。最初のATGコドンの上流域-21の場所に終止コドンのTGA配列が存在した。最初のATGコドンから開始する\*

## 22

\* オープンリーディングフレームは356アミノ酸残基の41868Daで2カ所の糖結合可能域を持つタンパク質が予想された。このアミノ酸配列のヒドロパシープロットにより、HS2STアミノ末端領域の14番目から27番目までの14アミノ酸残基が明確な疎水領域であることが判明した。塩基と予想されるアミノ酸配列を上記チャイニーズハムスター由来のcDNA及びそれがコードするHS2STと比較した。その結果、ヒト由来のHS2STはチャイニーズハムスター由来のHS2STと97.5%の相同性を有することが明らかとなった(図3)。

## 【0063】&lt;5&gt;HS2STcDNAの発現

## (1) HS2ST発現プラスミドの構築

HS2STcDNAを発現させるために、発現ベクターにcDNA断片を挿入し、組換えプラスミドを構築した。単離したcDNAを哺乳動物の発現ベクターpcDNA3に導入した組換えプラスミドであるpcDNA3HS2STを構築した。

## 【0064】(2) COS-7細胞中でのHS2STcDNAのトランジェント(一過性)な発現

HS2STcDNAの発現の宿主にはCOS-7細胞を用いた。

【0065】pcDNA3HS2STをトランスフェクトした細胞を67時間培養し、この細胞からKobayashi, M., Habuchi, H., Habuchi, O., Saito, M., and Kimata, K. (1996) J. Biol. Chem. 271, 7645-7653に記載の方法に従って細胞抽出液を調製した。この細胞抽出液を30分間4℃、10,000×gで遠心処理した後、上清画分のHS2ST、HS6ST、コンドロイチン硫酸基転移酵素(COST)活性を調べた。対照としてcDNAを含まないpcDNA3をトランスフェクトしたCOS-7細胞と何もトランスフェクトしないCOS-7細胞を用いた。単離したチャイニーズハムスター由来のcDNAを含むベクターをトランスフェクトすると、HS2ST活性は何もトランスフェクトしない対照の2.6倍に上がっていた(表2)。なお、これらの活性の測定はKobayashi, M., Habuchi, H., Habuchi, O., Saito, M., and Kimata, K. (1996) J. Biol. Chem. 271, 7645-7653に記載の方法に従って行った。

## 【0066】

## 【表2】

硫酸基転移酵素活性

	HS2ST	HS6ST	COST
対照	2.2±0.5	1.7±0.5	6.4±0.1
pcDNA3	2.2±0.1	1.9±0.3	6.7±0.5
pcDNA3HS2ST	5.7±0.7	1.6±0.4	7.0±0.1

\*表内の数値の単位は $\mu\text{mol}/\text{min}/\text{mg protein}$

【0067】表で示したように、上記で単離されたcDNAを発現させるベクターを保持する細胞のHS2ST活性は対照とcDNAを保持しないプラスミドを導入した細胞の約2.5倍であった。これに対してHS6ST活性およびCOST活性の増加は起こらなかった。これらの結果から、単離されたcDNAがHS2ST活性を持つタンパク質をコードしていることが証明された。また、ヒト由来のHS2STのcDNAを用いて上記と同様にCOS-7細胞にトランスフェクションしてヒト由来のHS2STを発現させた。その結果、チャイニーズハムスターのHS2STを発現させた際と同様の結果が得られ、ヒト由来のHS2STのcDNAがチャイニーズハムスター由来のHS2STと同様の活性を有するHS2STをコードしていることが明らかとなった。

【0068】＜6＞チャイニーズハムスター卵巣細胞ポリ(A)<sup>+</sup>RNAのノザンプロットによるHS2ST発現の解析

チャイニーズハムスター卵巣由来培養細胞株CHOから抽出したポリ(A)<sup>+</sup>RNAをpH7.0の50%ホルムアルデヒド(V/V)、6%ホルムアルデヒド(V/V)、20mM MOPSバッファーで65℃、10分間変性し、6%ホルムアルデヒド(V/V)を含む1.2%アガロースゲルで電気泳動を行った。50mMのNaOHで20分間処理した後、20×SSC(酢酸ナトリウム/塩化ナトリウム緩衝液)で45分間中和し、ゲル中のRNAをHybond N<sup>+</sup>ナイロン膜に一晩転写し、50mMのNaOHで5分間固定した。膜上に固定されたRNAを42℃で3時間、50%ホルムアルデヒド、5×SSPE、5×Denhardt's solution、0.5% SDS、100 $\mu\text{g}/\text{ml}$ の変性させたサケ精子DNAを含む溶液中でプレハイブリダイズした。ハイブリダイズは<sup>32</sup>Pラベルしたプローブ(1×10<sup>6</sup>cpm/ml)を含む上記緩衝液で行った。放射線ラベルしたプローブはブルースクリプトに挿入されたK3クローンをSma IとAfl IIIで消化して得られた配列番号1における塩基番号113～1,257間の1,145塩基からなるDNA断片から[ $\alpha$ -<sup>32</sup>P]dCTPとReady-To-Go DNAラベリングキット(ファルマシア バイオテック(Pharmacia Biotech))を使用してランダムオリゴヌクレオチドプライム ラベリング(Random oligonucleotide-primed labeling)法により作成した。この膜は65℃で1×SSPE、0.1% SDSにより洗浄した\*

配列

```
CTTGATCTCC AGCCGCGGGT TTC ATG GGG CTC CTC AGG ATC ATG ATG CCG      50
Met Gly Leu Leu Arg Ile Met Met Pro
1                               5
CCC AAG TTG CAG CTG CTG GCG GTG GTG GCC TTC GCC GTG GCG ATG CTC      98
Pro Lys Leu Gln Leu Leu Ala Val Val Ala Phe Ala Val Ala Met Leu
```

\*後、同温度で0.1×SSPE、0.1% SDSにより洗浄した。この膜を-80℃で14時間、増感膜を用いてX線フィルムに感光させた。その結果、5.0kbと3.0kbの2つのバンドが得られた。

【0069】

【発明の効果】本発明により、ヘパラン硫酸に含まれるレーズロン酸残基の2位の水酸基に硫酸基を選択的に転移するヘパラン硫酸2-O-硫酸基転移酵素(HS2ST)のポリペプチド及びそれをコードする塩基配列を有するDNAが得られる。また更に該DNA由来のDNA断片から発現されるポリペプチドが得られる。

【0070】本発明により、HS2STのポリペプチドをコードする塩基配列を有するDNAが得られたので、HS2STを工業的に使用可能な程度まで大量生産できることが期待される。

【0071】

【配列表】

20 配列番号: 1  
配列の長さ: 2138  
配列の型: 核酸  
鎖の数: 両形態  
トポロジー: 直鎖状  
配列の種類: cDNA  
起原  
生物名: チャイニーズハムスター  
組織の種類: 卵巣  
配列の特徴  
30 特徴を表す記号: CDS  
存在位置: 24..1091  
特徴を決定した方法: P  
配列の特徴  
特徴を示す記号: transmembrane domain  
存在位置: 63..104  
特徴を決定した方法: P  
配列の特徴  
特徴を示す記号: potential N-glycosylation site  
存在位置: 345..353  
40 特徴を決定した方法: S  
配列の特徴  
特徴を示す記号: potential N-glycosylation site  
存在位置: 403..410  
特徴を決定した方法: S

2 5																
10				15				20				25				
TTC	TTG	GAG	AAC	CAG	ATC	CAG	AAG	CTG	GAG	GAG	TCC	CGG	GCG	AAG	CTA	146
Phe	Leu	Glu	Asn	Gln	Ile	Gln	Lys	Leu	Glu	Glu	Ser	Arg	Ala	Lys	Leu	
30				35				40								
GAA	AGG	GCA	ATC	GCA	AGA	CAT	GAA	GTC	CGG	GAA	ATT	GAA	CAG	CGG	CAT	194
Glu	Arg	Ala	Ile	Ala	Arg	His	Glu	Val	Arg	Glu	Ile	Glu	Gln	Arg	His	
45				50				55								
ACA	ATG	GAT	GGC	CCT	CGG	CAA	GAT	GCG	GCT	GTA	GAT	GAA	GAA	GAA	GAT	242
Thr	Met	Asp	Gly	Pro	Arg	Gln	Asp	Ala	Ala	Val	Asp	Glu	Glu	Glu	Asp	
60				65				70								
ATA	GTC	ATC	ATT	TAT	AAC	AGA	GTT	CCC	AAA	ACT	GCA	AGC	ACC	TCG	TTT	290
Ile	Val	Ile	Ile	Tyr	Asn	Arg	Val	Pro	Lys	Thr	Ala	Ser	Thr	Ser	Phe	
75				80				85								
ACC	AAT	ATC	GCC	TAT	GAC	TTG	TGT	GCG	AAG	AAT	AGA	TAC	CAT	GTT	CTT	338
Thr	Asn	Ile	Ala	Tyr	Asp	Leu	Cys	Ala	Lys	Asn	Arg	Tyr	His	Val	Leu	
90				95				100				105				
CAC	ATC	AAC	ACT	ACC	AAA	AAC	AAC	CCA	GTG	ATG	TCA	TTG	CAA	GAT	CAG	386
His	Ile	Asn	Thr	Thr	Lys	Asn	Asn	Pro	Val	Met	Ser	Leu	Gln	Asp	Gln	
110				115				120								
GTA	CGC	TTT	GTA	AAG	AAT	ATA	ACC	ACT	TGG	AAC	GAG	ATG	AAA	CCA	GGG	434
Val	Arg	Phe	Val	Lys	Asn	Ile	Thr	Thr	Trp	Asn	Glu	Met	Lys	Pro	Gly	
125				130				135								
TTT	TAT	CAT	GGA	CAC	ATT	TCT	TAT	CTG	GAT	TTT	GCA	AAA	TTC	GGT	GTG	482
Phe	Tyr	His	Gly	His	Ile	Ser	Tyr	Leu	Asp	Phe	Ala	Lys	Phe	Gly	Val	
140				145				150								
AAG	AAG	AAG	CCC	ATT	TAC	ATT	AAT	GTC	ATC	AGG	GAC	CCT	ATC	GAG	AGG	530
Lys	Lys	Lys	Pro	Ile	Tyr	Ile	Asn	Val	Ile	Arg	Asp	Pro	Ile	Glu	Arg	
155				160				165								
CTT	GTT	TCC	TAC	TAT	TAC	TTT	CTG	AGG	TTT	GGG	GAT	GAT	TAC	AGA	CCA	578
Leu	Val	Ser	Tyr	Tyr	Tyr	Phe	Leu	Arg	Phe	Gly	Asp	Asp	Tyr	Arg	Pro	
170				175				180				185				
GGA	TTA	AGG	AGA	CGG	AAA	CAA	GGA	GAC	AAA	AAG	ACC	TTT	GAT	GAA	TGT	626
Gly	Leu	Arg	Arg	Arg	Lys	Gln	Gly	Asp	Lys	Lys	Thr	Phe	Asp	Glu	Cys	
190				195				200								
GTG	GCT	GAG	GGC	GGC	TCA	GAC	TGT	GCT	CCG	GAG	AAG	CTC	TGG	CTC	CAG	674
Val	Ala	Glu	Gly	Gly	Ser	Asp	Cys	Ala	Pro	Glu	Lys	Leu	Trp	Leu	Gln	
205				210				215								
ATC	CCA	TTT	TTC	TGT	GGC	CAC	AGC	TCA	GAA	TGC	TGG	AAT	GTG	GGA	AGC	722
Ile	Pro	Phe	Phe	Cys	Gly	His	Ser	Ser	Glu	Cys	Trp	Asn	Val	Gly	Ser	
220				225				230								
AGA	TGG	GCT	ATG	GAT	CAA	GCT	AAG	TAT	AAC	CTC	ATT	AAC	GAG	TAC	TTT	770
Arg	Trp	Ala	Met	Asp	Gln	Ala	Lys	Tyr	Asn	Leu	Ile	Asn	Glu	Tyr	Phe	
235				240				245								
CTG	GTG	GGA	GTT	ACT	GAG	GAG	CTG	GAA	GAC	TTC	ATC	ATG	CTA	CTC	GAG	818
Leu	Val	Gly	Val	Thr	Glu	Glu	Leu	Glu	Asp	Phe	Ile	Met	Leu	Leu	Glu	
250				255				260				265				
GCA	GCT	TTG	CCC	CGG	TTT	TTC	CGG	GGT	GCT	ACA	GAC	CT				

27	28
Gly Lys Lys Ser His Leu Arg Lys Thr Thr Glu Lys Lys Leu Pro Thr	
285	290 295
AAG CAA ACC ATC GCG AAG CTG CAG CAG TCT GAC ATT TGG AAA ATG GAA	962
Lys Gln Thr Ile Ala Lys Leu Gln Gln Ser Asp Ile Trp Lys Met Glu	
300	305 310
AAT GAG TTC TAC GAG TTT GCA CTA GAG CAG TTC CAG TTC ATC AGA GCC	1010
Asn Glu Phe Tyr Glu Phe Ala Leu Glu Gln Phe Gln Phe Ile Arg Ala	
315	320 325
CAC GCT GTC CGT GAG AAA GAT GGA GAC CTC TAC ATC CTG GCC CAG AAC	1058
His Ala Val Arg Glu Lys Asp Gly Asp Leu Tyr Ile Leu Ala Gln Asn	
330	335 340 345
TTT TTC TAT GAA AAG ATT TAC CCG AAG TCG AAC TGAGTGAAG TGTGACCAGA	1111
Phe Phe Tyr Glu Lys Ile Tyr Pro Lys Ser Asn	
350	355
GCAGTCTTGA ACCTGGACTT GGCTGTGTTG TCACCGTTGT TCTCAGCTTC TGCACCTGTT	1171
CTGCTAATCG AGTCCAAGCC GAGCCAGTTC TTGTTGGGCC GAGTTGGGGA ACAGACAGGA	1231
GTGTCAAGAA ATTAGATGCT GAATGGGATG TCAGTGTCTT AAGGAGTTCT TAAGTTCTTA	1291
AGTGTGATGA ATTGTTATTT CTTTGTGTTT TTTGTTTCA TTTTCATGAT AGCTATAATC	1351
TCCAGTGAG GAGAAATCTC ATGTCACTTA AAATACACAC ATGGAGGTTT AATCAGAAGG	1411
CTGAATACCA TTTCAGAAGA GGTCTGTGA TTCTCTTGCT TTTGATGAAG CATTTTATC	1471
ACCTCTCTTT GGATGCAGAT GAGTCTGTAT GGCACCTGGA GTTTTGTGTT GCACACCCCT	1531
ACTGGATAGT GCTAATAACT ATTTGCCAGT AGCTGATTG TTTATGTGGA TCACGTCTCA	1591
CAGAGTTTAT TGGAAATGTTT GATCATGTTT TCTCAGAACT GTTTTGTGCTG TAGTTGAGTT	1651
TGCCCCATATT TATGTAGGCT TTATTTTATT TTTTGGATGA TCATTAGTGT TAAAGAAATC	1711
AACTGAAAAC CATGAATAAT ACTGTAAAAA GACAAAACAG TAAAAGCAG TATTCCTGAT	1771
TTCTGTCTCC CCAGTATCTA ATATTGGGGT GGTATTTCTA AGAATGTTGA CAACATTATC	1831
TGAGGCTTTC TTAAGGATTT CCACACATTC ATATAAAAAA AATGAGTTTA GTATTTGTTT	1891
CTCCATGGCT TCTCTATAAC CCAGTACACT GAAGTATCGG TGA CTGCATA TGGCACTCC	1951
ATCAGTGAGC TGTGATGGTA GGATTTTCCT ACCTCTGTAC TTTTACCTGT AGACTATTTT	2011
TACTACGGTG CTTTATAATG TGTTTTAAAG CATTGCATTT ACAAAGAAA AATGCTGTAA	2071
ATATTGCATA TTTTATGTAT TTGGACCAAA AAGTTACAAG TCAGTAGATA AAAAGTGGTT	2131
TTGCACC	2138

【0072】配列番号:2

\*トポロジー:直鎖状

配列の長さ:356

配列の種類:タンパク質

配列の型:アミノ酸

\*

配列

Met Gly Leu Leu Arg Ile Met Met Pro Pro Lys Leu Gln Leu Leu Ala	
1	5 10 15
Val Val Ala Phe Ala Val Ala Met Leu Phe Leu Glu Asn Gln Ile Gln	
20	25 30
Lys Leu Glu Glu Ser Arg Ala Lys Leu Glu Arg Ala Ile Ala Arg His	
35	40 45
Glu Val Arg Glu Ile Glu Gln Arg His Thr Met Asp Gly Pro Arg Gln	
50	55 60
Asp Ala Ala Val Asp Glu Glu Glu Asp Ile Val Ile Ile Tyr Asn Arg	
65	70 75 80
Val Pro Lys Thr Ala Ser Thr Ser Phe Thr Asn Ile Ala Tyr Asp Leu	
85	90 95
Cys Ala Lys Asn Arg Tyr His Val Leu His Ile Asn Thr Thr Lys Asn	
100	105 110

( 1 6 )

特開平 1 0 - 2 5 7 8 9 6

2 9 3 0  
Asn Pro Val Met Ser Leu Gln Asp Gln Val Arg Phe Val Lys Asn Ile  
115 120 125  
Thr Thr Trp Asn Glu Met Lys Pro Gly Phe Tyr His Gly His Ile Ser  
130 135 140  
Tyr Leu Asp Phe Ala Lys Phe Gly Val Lys Lys Lys Pro Ile Tyr Ile  
145 150 155 160  
Asn Val Ile Arg Asp Pro Ile Glu Arg Leu Val Ser Tyr Tyr Tyr Phe  
165 170 175  
Leu Arg Phe Gly Asp Asp Tyr Arg Pro Gly Leu Arg Arg Arg Lys Gln  
180 185 190  
Gly Asp Lys Lys Thr Phe Asp Glu Cys Val Ala Glu Gly Gly Ser Asp  
195 200 205  
Cys Ala Pro Glu Lys Leu Trp Leu Gln Ile Pro Phe Phe Cys Gly His  
210 215 220  
Ser Ser Glu Cys Trp Asn Val Gly Ser Arg Trp Ala Met Asp Gln Ala  
225 230 235 240  
Lys Tyr Asn Leu Ile Asn Glu Tyr Phe Leu Val Gly Val Thr Glu Glu  
245 250 255  
Leu Glu Asp Phe Ile Met Leu Leu Glu Ala Ala Leu Pro Arg Phe Phe  
260 265 270  
Arg Gly Ala Thr Asp Leu Tyr Arg Thr Gly Lys Lys Ser His Leu Arg  
275 280 285  
Lys Thr Thr Glu Lys Lys Leu Pro Thr Lys Gln Thr Ile Ala Lys Leu  
290 295 300  
Gln Gln Ser Asp Ile Trp Lys Met Glu Asn Glu Phe Tyr Glu Phe Ala  
305 310 315 320  
Leu Glu Gln Phe Gln Phe Ile Arg Ala His Ala Val Arg Glu Lys Asp  
325 330 335  
Gly Asp Leu Tyr Ile Leu Ala Gln Asn Phe Phe Tyr Glu Lys Ile Tyr  
340 345 350  
Pro Lys Ser Asn  
355

【 0 0 7 3 】配列番号 : 3

配列の長さ : 2172

配列の型 : 核酸

鎖の数 : 両形態

トポロジー : 直鎖状

配列の種類 : cDNA

起原

生物名 : ヒト

組織の種類 : 胎児脳

配列の特徴

特徴を表す記号 : CDS

存在位置 : 355..1422

特徴を決定した方法 : P

\* 配列の特徴

特徴を示す記号 : transmembrane domain

存在位置 : 394..435

特徴を決定した方法 : P

配列の特徴

特徴を示す記号 : potential N-glycosylation site

存在位置 : 676..684

40 特徴を決定した方法 : S

配列の特徴

特徴を示す記号 : potential N-glycosylation site

存在位置 : 733..741

特徴を決定した方法 : S

\*

配列

GGGAAGGAAG GAAGAGAGGG AGGCGGGCAA GCAGGCGGGC GCGGGGGTCG GAGACTGAGG 60  
CAGTAGAGGG AGGCGAGAGC CCGGCAGCCG CTTCGCGCTG TTGCTGGCG CGGGTTTGG 120  
AGGGGGCGGC CGTTTAGTCG GCTGAGGAGA AGCGGACACC AGCGGCGTTG GTGATAGCGC 180  
CTGGGGGAGG GGGACTGGAG AGGCGAGAAG GGGGGTTCG TGCGGTGGTT CTCTCGCTGT 240



31

CGCTCTCTCT	TTGCCTCGCT	CCCGGCTCGG	CGGGCTCCTC	CCGGCGTCTC	TCTCGCCTCC	300
GGGGTCCCGC	TCCCCGCCCC	CCGCGGTATG	TCTTGATCCC	GAGCAGCGGG	TTTC ATG	357
				Met		
				1		
GGG CTC CTC	AGG ATT ATG	ATG CCG CCC	AAG TTG CAG	CTG CTG GCG	GTG	405
Gly Leu Leu	Arg Ile Met	Met Pro Pro	Lys Leu Gln	Leu Leu Ala	Val	
	5	10	15			
GTG GCC TTC	GCG GTG GCG	ATG CTC TTC	TTG GAA AAC	CAG ATC CAG	AAA	453
Val Ala Phe	Ala Val Ala	Met Leu Phe	Leu Glu Asn	Gln Ile Gln	Lys	
	20	25	30			
CTG GAG GAG	TCC CGC TCG	AAG CTA GAA	AGG GCT ATT	GCA AGA CAC	GAA	501
Leu Glu Glu	Ser Arg Ser	Lys Leu Glu	Arg Ala Ile	Ala Arg His	Glu	
	35	40	45			
GTC CGA GAA	ATT GAG CAG	CGA CAT ACA	ATG GAT GGC	CCT CGG CAA	GAT	549
Val Arg Glu	Ile Glu Gln	Arg His Thr	Met Asp Gly	Pro Arg Gln	Asp	
	50	55	60	65		
GCC ACT TTA	GAT GAG GAA	GAG GAC ATG	GTG ATC ATT	TAT AAC AGA	GTT	597
Ala Thr Leu	Asp Glu Glu	Asp Met Val	Ile Ile Tyr	Asn Arg Val		
	70	75	80			
CCC AAA ACG	GCA AGC ACT	TCA TTT ACC	AAT ATC GCC	TAT GAC CTG	TGT	645
Pro Lys Thr	Ala Ser Thr	Ser Phe Thr	Asn Ile Ala	Tyr Asp Leu	Cys	
	85	90	95			
GCA AAG AAT	AAA TAC CAT	GTC CTT CAT	ATC AAC ACT	ACC AAA AAT	AAT	693
Ala Lys Asn	Lys Tyr His	Val Leu His	Ile Asn Thr	Thr Lys Asn	Asn	
	100	105	110			
CCA GTG ATG	TCA TTG CAA	GAT CAG GTG	CGC TTT GTA	AAG AAT ATA	ACT	741
Pro Val Met	Ser Leu Gln	Asp Gln Val	Arg Phe Val	Lys Asn Ile	Thr	
	115	120	125			
TCC TGG AAA	GAG ATG AAA	CCA GGA TTT	TAT CAT GGA	CAC GTT TCT	TAC	789
Ser Trp Lys	Glu Met Lys	Pro Gly Phe	Tyr His Gly	His Val Ser	Tyr	
	130	135	140	145		
TTG GAT TTT	GCA AAA TTT	GGT GTG AAG	AAG AAA CCA	ATT TAC ATT	AAT	837
Leu Asp Phe	Ala Lys Phe	Gly Val Lys	Lys Lys Pro	Ile Tyr Ile	Asn	
	150	155	160			
GTC ATA AGG	GAT CCT ATT	GAG AGG CTA	GTT TCT TAT	TAT TAC TTT	CTG	885
Val Ile Arg	Asp Pro Ile	Glu Arg Leu	Val Ser Tyr	Tyr Tyr Phe	Leu	
	165	170	175			
AGA TTT GGA	GAT GAT TAT	AGA CCA GGG	TTA CGG AGA	CGA AAA CAA	GGA	933
Arg Phe Gly	Asp Asp Tyr	Arg Pro Gly	Leu Arg Arg	Arg Lys Gln	Gly	
	180	185	190			
GAC AAA AAG	ACC TTT GAT	GAA TGT GTA	GCA GAA GGT	GGC TCA GAC	TGT	981
Asp Lys Lys	Thr Phe Asp	Glu Cys Val	Ala Glu Gly	Gly Ser Asp	Cys	
	195	200	205			
GCT CCA GAG	AAG CTC TGG	CTT CAA ATC	CCG TTC TTC	TGT GGC CAT	AGC	1029
Ala Pro Glu	Lys Leu Trp	Leu Gln Ile	Pro Phe Phe	Cys Gly His	Ser	
	210	215	220	225		
TCC GAA TGC	TGG AAT GTG	GGA AGC AGG	TGG GCT ATG	GAT CAA GCC	AAG	1077
Ser Glu Cys	Trp Asn Val	Gly Ser Arg	Trp Ala Met	Asp Gln Ala	Lys	
	230	235	240			
TAT AAC CTA	ATT AAT GAA	TAT TTT CTG	GTG GGA GTT	ACT GAA GAA	CTT	1125

(18)

特開平10-257896

33 34

Tyr Asn Leu Ile Asn Glu Tyr Phe Leu Val Gly Val Thr Glu Glu Leu

245 250 255

GAA GAT TTT ATC ATG TTA TTG GAG GCA GCA TTG CCC CGG TTT TTC AGG 1173

Glu Asp Phe Ile Met Leu Leu Glu Ala Ala Leu Pro Arg Phe Phe Arg

260 265 270

GGT GCT ACT GAA CTC TAT CGC ACA GGA AAG AAA TCT CAT CTT AGG AAA 1221

Gly Ala Thr Glu Leu Tyr Arg Thr Gly Lys Lys Ser His Leu Arg Lys

275 280 285

ACC ACA GAG AAG AAA CTC CCC ACT AAA CAA ACC ATT GCA AAA CTA CAG 1269

Thr Thr Glu Lys Lys Leu Pro Thr Lys Gln Thr Ile Ala Lys Leu Gln

290 295 300 305

CAA TCT GAT ATT TGG AAA ATG GAG AAT GAG TTC TAT GAA TTT GCA CTA 1317

Gln Ser Asp Ile Trp Lys Met Glu Asn Glu Phe Tyr Glu Phe Ala Leu

310 315 320

GAG CAG TTC CAA TTC ATC AGA GCC CAT GCC GTT CGA GAA AAA GAT GGA 1365

Glu Gln Phe Gln Phe Ile Arg Ala His Ala Val Arg Glu Lys Asp Gly

325 330 335

GAC CTC TAC ATC CTC GCA CAA AAC TTT TTC TAT GAA AAG ATT TAC CCT 1413

Asp Leu Tyr Ile Leu Ala Gln Asn Phe Phe Tyr Glu Lys Ile Tyr Pro

340 345 350

AAG TCG AAC TGAGTATAAG GTGTGACTAT TAGATTCTTG AACTAAAATT 1462

Lys Ser Asn

355

TGACCCTGTC TTCACCTTTG TTCTCAGCTC CACAGTCTGG ATTGCTGACA GTAGGTGTAT 1522

ATGACAATTT GTATTGAGCC AAATTAGGAA ACAGACAGTA ACGTCAAGGA AGTAGATACT 1582

GGCTGGCATT GTCAGTGTTC TAAGTTTCAG GCATTTTTAT TTTTCCTGG CTAACGTTG 1642

GTGAAAGTTA TAACCTCCTG CCTGGGAGAA AATATACATC ACCTAAAATG AACTTATGGC 1702

AGGTCTAATC AAAAGGCTAA ATACAATTC AGAAAAGGTT CTGATACTCT TGTTTTTGAT 1762

AAAGCATTTT TTCACTAAC CATGAATTAA GATGAGTCCA TTGCCTCTT CTGCCTTCAC 1822

TGAGGGTTTG GGTATACAC CTCTACTGAA TTGTGTTAAT AACTGTTGG CAGTGTGTAC 1882

TTTGTTTT TGAGTCATGT CTCATGAAAT TTATTGGAAT GTTTAATCAT ATTTGCTAAG 1942

AAATGTTTCT GCTGTAGTTG GATTGCCCCA TATTTATGTA GGTGGTTTTA ATTTTTTAAA 2002

TGGTGATTAG TGTAAAAAAT CAATTTAAAT CATGACTAAT ATGGTAAAAA GATAAAGCAT 2062

CAAAGCAGTA TTTCTCATTC CTGCCTCCTC AATATCTAAT ACTGGGAAGA TACTTCAAAG 2122

AATATTGAGA TTGTCTGAAG TTTTAGTTAA GATTTTCACA CATTAATATC 2172

【0074】配列番号：4

\*トポロジー：直鎖状

配列の長さ：356

配列の種類：タンパク質

配列の型：アミノ酸

\*

配列

Met Gly Leu Leu Arg Ile Met Met Pro Pro Lys Leu Gln Leu Leu Ala

1 5 10 15

Val Val Ala Phe Ala Val Ala Met Leu Phe Leu Glu Asn Gln Ile Gln

20 25 30

Lys Leu Glu Glu Ser Arg Ser Lys Leu Glu Arg Ala Ile Ala Arg His

35 40 45

Glu Val Arg Glu Ile Glu Gln Arg His Thr Met Asp Gly Pro Arg Gln

50 55 60

Asp Ala Thr Leu Asp Glu Glu Glu Asp Met Val Ile Ile Tyr Asn Arg

65 70 75 80

Val Pro Lys Thr Ala Ser Thr Ser Phe Thr Asn Ile Ala Tyr Asp Leu

特開平10-257896

【0075】配列番号:5

\* トポロジー：一本鎖

配列の種類：ペプチド

\*

【0076】配列番号:6

※配列の長さ：9

配列の型：アミノ酸

トポロジー：一本鎖

配列の種類：ペプチド

配列

Asp Xaa Tyr Arg Pro Gly Leu Xaa Arg

1 5

※50 配列の長さ : 8

(20)

特開平10-257896

37

38

配列の型：アミノ酸

トポロジー：一本鎖

配列の種類：ペプチド

配列

Asp Ile Val Ile Xaa Tyr Asn Arg

1 5

【0079】配列番号：9

配列の長さ：4

配列の型：アミノ酸

トポロジー：一本鎖

配列

GCNAARAAYM GNTAYCAYGT

【0081】配列番号：11

配列の長さ：20

配列の型：核酸

配列

MGNTAYCAYG TNYTNCAYAT

【0082】配列番号：12

配列の長さ：20

配列の型：核酸

配列

TTYTTNACRA ANCKNACYTG

【0083】配列番号：13

配列の長さ：20

配列の型：核酸

配列

TTNACRAANC KNACYTGRTC

【0084】配列番号：14

配列の長さ：356

配列の型：アミノ酸

配列

Met Gly Leu Leu Arg Ile Met Met Pro Pro Lys Leu Gln Leu Leu Ala

1 5 10 15

Val Val Ala Phe Ala Val Ala Met Leu Phe Leu Glu Asn Gln Ile Gln

20 25 30

Lys Leu Glu Glu Ser Arg Xaa Lys Leu Glu Arg Ala Ile Ala Arg His

35 40 45

Glu Val Arg Glu Ile Glu Gln Arg His Thr Met Asp Gly Pro Arg Gln

50 55 60

Asp Ala Xaa Xaa Asp Glu Glu Asp Xaa Val Ile Ile Tyr Asn Arg

65 70 75 80

Val Pro Lys Thr Ala Ser Thr Ser Phe Thr Asn Ile Ala Tyr Asp Leu

85 90 95

Cys Ala Lys Xaa Arg Tyr His Val Leu His Ile Asn Thr Thr Lys Asn

100 105 110

Asn Pro Val Met Ser Leu Gln Asp Gln Val Arg Phe Val Lys Asn Ile

115 120 125

Thr Xaa Trp Xaa Glu Met Lys Pro Gly Phe Tyr His Gly His Xaa Ser

130 135 140

Tyr Leu Asp Phe Ala Lys Phe Gly Val Lys Lys Lys Pro Ile Tyr Ile

\* 配列の種類：ペプチド

配列

Asp Leu Tyr Arg

1

【0080】配列番号：10

配列の長さ：20

配列の型：核酸

トポロジー：直鎖状

鎖の数：一本鎖

\* 10 配列の種類：他の核酸 合成DNA

20

※トポロジー：直鎖状

鎖の数：一本鎖

※ 配列の種類：他の核酸 合成DNA

20

★トポロジー：直鎖状

鎖の数：一本鎖

★ 20 配列の種類：他の核酸 合成DNA

20

☆トポロジー：直鎖状

鎖の数：一本鎖

☆ 配列の種類：他の核酸 合成DNA

20

◆トポロジー：直鎖状

配列の種類：タンパク質

◆30

39 40

145 150 155 160

Asn Val Ile Arg Asp Pro Ile Glu Arg Leu Val Ser Tyr Tyr Tyr Phe

165 170 175

Leu Arg Phe Gly Asp Asp Tyr Arg Pro Gly Leu Arg Arg Arg Lys Gln

180 185 190

Gly Asp Lys Lys Thr Phe Asp Glu Cys Val Ala Glu Gly Gly Ser Asp

195 200 205

Cys Ala Pro Glu Lys Leu Trp Leu Gln Ile Pro Phe Phe Cys Gly His

210 215 220

Ser Ser Glu Cys Trp Asn Val Gly Ser Arg Trp Ala Met Asp Gln Ala

225 230 235 240

Lys Tyr Asn Leu Ile Asn Glu Tyr Phe Leu Val Gly Val Thr Glu Glu

245 250 255

Leu Glu Asp Phe Ile Met Leu Leu Glu Ala Ala Leu Pro Arg Phe Phe

260 265 270

Arg Gly Ala Thr Xaa Leu Tyr Arg Thr Gly Lys Lys Ser His Leu Arg

275 280 285

Lys Thr Thr Glu Lys Lys Leu Pro Thr Lys Gln Thr Ile Ala Lys Leu

290 295 300

Gln Gln Ser Asp Ile Trp Lys Met Glu Asn Glu Phe Tyr Glu Phe Ala

305 310 315 320

Leu Glu Gln Phe Gln Phe Ile Arg Ala His Ala Val Arg Glu Lys Asp

325 330 335

Gly Asp Leu Tyr Ile Leu Ala Gln Asn Phe Phe Tyr Glu Lys Ile Tyr

340 345 350

Pro Lys Ser Asn

355

【図面の簡単な説明】

【図1】 HS2ST部分アミノ酸配列とPCR用プライマーの塩基配列を示す図。

【図2】 cDNA配列から予想されるチャイニーズハ\*

\*ムスターのHS2STのアミノ酸配列のハイドロパシープロット。

30 【図3】 チャイニーズハムスター由来のHS2STのcDNAとヒト由来のHS2STのcDNAの比較。

【図1】

ペプチド1 Asp Leu Cys Ala Lys Asn Arg Tyr His Val Leu His Ile

プライマー-1s 5' GCI AAA AAT CGI TAT CAT GT 3'

プライマー-1st 5' G C A C C

CGI TAT CAT GTI TTI CAT AT 3'

A C C C C

ペプチド2 Asp Gln Val Arg Phe Val Lys Asn Ile

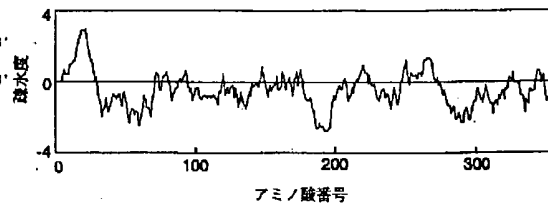
プライマー-2a 3' GTT CAI TCI AAA CAI TTT TT 5'

C G G C

プライマー-2ai 3' CTA GTT CAI TCI AAA CAI TT 5'

G C G G

【図2】



## 【図3】

上段（'）=ヒト由来のH S 2 S Tのアミノ酸配列

下段（"）=チャイニーズハムスター由来のH S 2 S Tのアミノ酸配列

```

1' MGLLRIMMPKQLQLAVVAFVAMLFLENQIQKLEESRSKLERAIARHEVREIEQRHTWD
*****
1" MGLLRIMMPKQLQLAVVAFVAMLFLENQIQKLEESRAKLERAIARHEVREIEQRHTWD

61' GPRQDATLDEEEDKVIYINRVPKTASTSFTNIAYDLCAKNKYHVLHINTTKNNPVMSLQD
*****
61" GPRQDAADVDEEEDIYIYINRVPKTASTSFTNIAYDLCAKNRYHVLHINTTKNNPVMSLQD

121' QVRFVKNITSWKEMKPGFYHGHVSYLDFAKFGVKKKPIYINVIRDPIERLVSYYYFLRFG
*****
121" QVRFVKNITTWNEMKPGFYHGHISYLDFAKFGVKKKPIYINVIRDPIERLVSYYYFLRFG

181' DDYRPGLRRRKQGDKKTDFECVAEGGSDCAPEKLWLQIPFFCGHSSECWNVGSRWAMDQA
*****
181" DDYRPGLRRRKQGDKKTDFECVAEGGSDCAPEKLWLQIPFFCGHSSECWNVGSRWAMDQA

241' KYNLINNEYFLVGVTEELEDFIMLLEAALPRFFRGATELYRTGKKSHLRKTTEKKLPTKQT
*****
241" KYNLINNEYFLVGVTEELEDFIMLLEAALPRFFRGATDLRTGKKSHLRKTTEKKLPTKQT

301' IAKLQQSDIWKMENEFYEFQFQFIRAHAVREKGDLYILAQNFFYEKIYPKSN
*****
301" IAKLQQSDIWKMENEFYEFQFQFIRAHAVREKGDLYILAQNFFYEKIYPKSN

```

---

フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>6</sup>

(C 1 2 N 9/10

C 1 2 R 1:91)

識別記号

F I